

PIEZOELECTRIC OSCILLATING ELEMENT

Publication Number: 11-340777 (JP 11340777 A) , December 10, 1999

Inventors:

- ONISHI KEIJI
- SATO HIROTERU
- NANBA AKIHIKO
- OGURA TETSUYOSHI
- TAGUCHI YUTAKA

Applicants

- MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD

Application Number: 10-142517 (JP 98142517) , May 25, 1998

International Class:

- H03H-009/17
- H03H-009/205

Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a piezoelectric oscillating element whose temperature characteristics are satisfactory without damaging the characteristics of a piezoelectric substrate by butting an auxiliary substrate having a different thermal expansion coefficient different from the thermal expansion coefficient of a piezoelectric substrate to a pair of faced main surfaces of the piezoelectric substrate. **SOLUTION:** This is a piezoelectric oscillating element in which an auxiliary substrate having a different thermal expansion coefficient different from the thermal expansion coefficient of a piezoelectric substrate is butted to a pair of faced main surfaces of the piezoelectric substrate. That is, a pair of exciting electrodes 102a and 102b are formed at the central part of a pair of faced main surfaces of a piezoelectric substrate 101, and leading electrodes 103a and 103b for outside connection and the exciting electrodes 102a and 102b are connected on the main surfaces of the piezoelectric substrate 101. In this case, lithium niobate is used as the piezoelectric substrate 101, and chrome/gold layered electrodes are used as the exciting electrodes 102a and 102b. Also, a glass whose first thermal expansion coefficient is substantially larger than that of the piezoelectric substrate 101 is used as auxiliary electrodes 104a and 104b. COPYRIGHT: (C)1999,JPO

JAPIO

© 2005 Japan Patent Information Organization. All rights reserved.

Dialog® File Number 347 Accession Number 6399124

拒絶理由S03F 1369W000

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平 1 1 - 3 4 0 7 7 7

(43) 公開日 平成11年(1999)12月10日

(51) Int. Cl. ⁶

H 0 3 H

9/17

9/205

識別記号

F I

H 0 3 H

9/17

9/205

A

審査請求 未請求 請求項の数 1 4 O L

(全 1 0 頁)

(21) 出願番号 特願平10-142517

(22) 出願日 平成10年(1998)5月25日

(71) 出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72) 発明者 大西 慶治

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 佐藤 浩輝

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 南波 昭彦

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(74) 代理人 弁理士 池内 寛幸 (外1名)

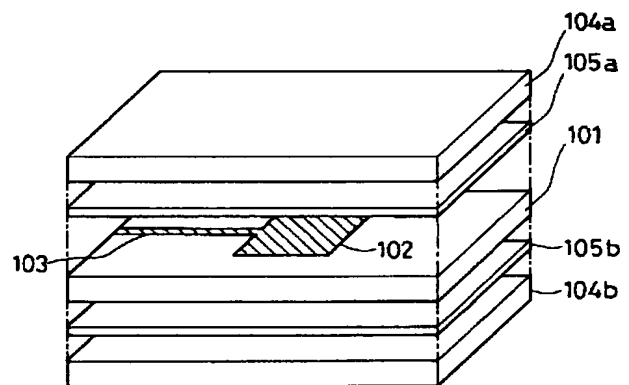
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 圧電振動素子

(57) 【要約】

【課題】 圧電基板の熱膨張を制御することにより、周波数温度特性に優れた圧電振動素子を提供する。

【解決手段】 圧電基板 1 0 1 と、この圧電基板に基板厚さ方向の弾性振動を励起するために圧電基板の厚さ方向に電界を印加できる位置に配置された励振電極 1 0 2 とを備えた圧電振動素子において、圧電基板 1 0 1 の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数を有する補助基板 1 0 4 を圧電基板の相対する一対の主面に接合する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 圧電基板と、前記圧電基板に弾性振動を励起するために前記基板厚さ方向に電界を印加できる位置に配置された励振電極とを備え、前記圧電基板の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数を有する補助基板を前記圧電基板の相対する一対の主面に接合したことを特徴とする圧電振動素子。

【請求項 2】 補助基板の熱膨張係数が、圧電基板の熱膨張係数よりも大きい請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 3】 圧電基板が負の周波数温度係数を有する請求項 2 に記載の圧電振動素子。

【請求項 4】 補助基板の熱膨張係数が、圧電基板の熱膨張係数よりも小さい請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 5】 圧電基板が正の周波数温度係数を有する請求項 4 に記載の圧電振動素子。

【請求項 6】 圧電基板と補助基板とが、厚さ $30\mu\text{m}$ 以下の接着層により接着されている請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 7】 圧電基板と補助基板とが、接着層を介さずに直接接合されている請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 8】 補助基板の一部に、開口部が形成されている請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 9】 補助基板の開口部に隣接する側面にテーパ加工が施されている請求項 8 に記載の圧電振動素子。

【請求項 10】 励振電極が圧電基板の主面上に形成され、補助基板に前記励振電極を収納するための凹部が形成されている請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 11】 圧電基板が、ニオブ酸リチウムおよびタンタル酸リチウムから選ばれるいずれかの圧電単結晶である請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 12】 圧電基板が、誘電体セラミックからなる請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 13】 補助基板がガラスからなる請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【請求項 14】 補助基板が誘電体セラミックからなる請求項 1 に記載の圧電振動素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、各種電子機器に使用される圧電振動子や圧電フィルタなどに代表される圧電振動素子に関する。

【0002】

【従来の技術】近年の電子機器の処理速度の向上に伴い、高周波クロック信号を発生する振動子が要求されている。また、携帯電話に代表される移動体通信機器においても、高周波振動子や高周波フィルタ、広帯域フィルタなどのフィルタが要求されている。従来、このような用途に対しては、圧電基板として水晶を利用した振動子

やフィルタが用いられてきた。しかしながら、基本波を用いた水晶振動子では、高周波化のために高度な微細加工技術、薄板化加工技術が必要であり、高周波化には限界があった。また、高調波を利用した水晶振動子の場合には、外部回路を必要とするために、大型化する、あるいは特性が劣化するという課題を有していた。さらに、水晶フィルタの場合には温度特性は良好であるものの、水晶の電気機械結合係数が小さいために、フィルタ通過帯域の広帯域化が困難であるという課題を有していた。そこで、水晶振動素子やフィルタの欠点を克服するために、周波数定数の大きい、あるいは電気機械結合係数の大きいニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムなどの圧電単結晶や圧電セラミックを用いた圧電振動素子が提案され、実用化されている。

【0003】以下に、圧電単結晶を用いた従来の圧電振動素子について説明する。図 14 は、従来の圧電振動素子を模式的に示す斜視図である。図 14 において、201 は圧電基板、202 は励振電極、203 は引き出し電極である。励振電極 202 に電界を印加することにより、圧電基板 201 に弾性振動を励振することができる。圧電単結晶のカット角や基板形状、基板厚さ、励振電極形状、励振電極膜厚などを工夫することにより、種々の振動モードが励振され、振動子やフィルタへの応用がなされている。また、エネルギー閉じ込めフィルタや、高調波を利用した振動子などへの応用もなされている。このように、ニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムなどの圧電単結晶や圧電セラミックを圧電基板として用いることにより、従来の水晶基板を用いた圧電振動素子では不可能であると考えられていた周波数領域の振動子やフィルタを実現することが可能となっている。さらに、上記圧電基板の大きい結合係数を利用することにより、広帯域フィルタの実現も可能となっている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来の圧電単結晶を用いた圧電振動素子の場合には、圧電基板のカット角によっては、温度特性が劣るという致命的な問題を有していた。また、誘電体セラミックを圧電基板として用いた圧電振動素子の場合も、圧電単結晶を用いた圧電振動素子と同様に温度特性に問題があった。逆に、温度特性の良好な圧電基板を選ぶためには、圧電基板の圧電特性を犠牲にしなければならず、素子設計の自由度が小さいという課題があった。

【0005】本発明は、上記従来の課題を解決するために、圧電基板の圧電特性を損なうことなく、温度特性の良好な圧電振動素子を提供することを目的とする。さらに具体的には、圧電単結晶のカット角の選択自由度、誘電体セラミックの組成設計の自由度を向上させるとともに、素子設計の自由度を大幅に向上させることを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の圧電振動素子は、圧電基板と、前記圧電基板に弾性振動を励起するために前記圧電基板の厚さ方向に電界を印加できる位置に配置された励振電極とを備え、前記圧電基板の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数を有する補助基板を前記圧電基板の相対する一対の主面に接合したことを特徴とする。

【0007】このような圧電振動素子とすると、環境温度の変化に伴い、圧電基板には、圧電基板と補助基板との接合面に沿って上記熱膨張係数の相違に起因する応力が作用することになる。一方、圧電基板の厚さ方向には、上記応力に応じて圧電基板のポアソン結合により見かけ上の応力が作用する。その結果、圧電基板の厚さを制御することが可能となり、圧電振動素子の温度特性が改善される。

【0008】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について、図面を参照しながら説明する。

（第1の実施の形態）図1および図2は、それぞれ本発明の第1の実施の形態における圧電振動素子の分解斜視図および断面図である。図1および図2において、101は圧電基板、102は励振電極、103は引き出し電極、104は補助基板、105は接着層である。

【0009】まず、本発明の第1の実施の形態における圧電振動素子の構造について説明する。圧電基板101の相対する一対の主面の中央部には、従来の圧電振動素子と同様に、一対の励振電極102a、102bが形成されている。そして、外部接続のための引き出し電極103a、103bと励振電極102a、102bとが、それぞれ圧電基板101の主面上で接続されている。

【0010】本実施の形態では、圧電基板101として純粋な厚み縦振動モードが励振される36° Yカットのニオブ酸リチウムを用いた。また、励振電極102としてクロム／金の積層電極を用いた。また、補助基板104として1次の熱膨張係数が圧電基板101よりも実質的に大きい熱膨張係数を有するガラスを用いた。

【0011】圧電基板101の主面上には、それぞれ補助基板104a、104bが接着層105a、105bにより接合されている。このように、補助基板104a、104bは、接着層、励振電極および圧電基板を挟みこむように配置されている。

【0012】接着層としては、熱硬化性の絶縁性接着剤を用い、この接着剤を加圧加熱接着することにより、接着層の厚さが30μm以下となるように調整した。このように、接着層105として樹脂を用いる場合には、ヤング率が高い樹脂を用いることが好ましい。圧電基板の弾性振動の接着層による吸収に起因する圧電振動素子のQ値の低下を緩和するためである。同様の理由により、接着層の厚さは可能な限り薄く均一であることが好ましい。

【0013】次に、上記第1の実施の形態における圧電振動素子の動作原理について説明する。まず、圧電振動素子の周囲の温度（環境温度）が上昇した場合について考える。温度上昇に伴い、圧電基板101および補助基板104は膨張しようとする。この際、圧電基板101と補助基板104との熱膨張係数差により熱応力が発生する。すなわち、圧電基板101には、主面の面内方向（厚み方向に対して垂直方向）に引っ張り応力が作用し、圧電基板101の熱膨張が見かけ上増大する。一方、厚み方向に関しては拘束がないために、圧電基板101には、ポアソン結合により上記引っ張り応力に応じた見かけ上の圧縮応力が作用することになる。したがって、圧電基板101の厚み方向の熱膨張は、拘束されていない圧電基板の熱膨張と比較すると、熱膨張が抑制されることになる。

【0014】次に、圧電振動素子の環境温度が降下した場合について考える。この場合は、温度降下に伴い、圧電基板101には、補助基板104から面内方向に圧縮応力が作用し、厚み方向に見かけ上引っ張り応力が作用することになる。すなわち、温度降下の場合は、圧電基板の厚み方向の熱収縮が抑制されることになる。

【0015】厚み振動を用いた圧電振動素子の共振周波数は、圧電基板101の厚さに影響され、熱膨張に伴う周波数温度係数は負となる。実際には、負の周波数温度係数を有する圧電単結晶、誘電体セラミック（圧電セラミック）が多い。このような圧電振動子では、環境温度が上昇すると、共振周波数は低下する。

【0016】しかし、本実施の形態では、補助基板からの応力により、温度上昇に伴う圧電基板の厚みの増大が抑えられる。したがって、従来の圧電振動素子と比較すると共振周波数の低下率が小さくなり、周波数温度係数が改善されることになる。環境温度が降下した場合も圧電基板101の厚み方向の収縮が抑えられるため、同様に周波数変化を小さくすることができる。本実施の形態では、補助基板を接合しない場合と比較して約10ppm/℃の改善効果が得られた。

【0017】なお、本実施の形態では、圧電基板101として36° Yカットのニオブ酸リチウムを用いたが、他のカット角のニオブ酸リチウムやタンタル酸リチウムを用いても同様の効果が得られる。また、圧電基板として負の周波数温度特性を有する誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いた場合にも、上記と同様の補助基板の作用により同様の効果が得られる。

【0018】また、本実施の形態では、接着層として熱硬化性の接着剤を用いたが、光硬化性の接着剤を用いてもよい。光硬化性の接着剤を用いた場合には、接着層が低温で硬化するために、接着後の常温における残留応力を低減することができる。また、有機接着剤の代わりに低融点ガラスや水ガラスを用いても同様の効果が得られる。

【0019】一般に、熱硬化型の接着剤は150℃程度で熱処理されるため、常温においては圧電基板101と補助基板104との熱膨張係数差により、圧電振動素子に残留応力が発生する。したがって、従来の圧電振動素子に比較して、共振周波数がシフトする場合があるため、若干の素子設計変更が必要となるが、接着剤を適切に選択すれば振動特性（圧電特性）が大きく変化することはない。

【0020】また、本実施の形態では補助基板としてガラスを用いたが、熱膨張係数が大きい誘電体セラミックや他の材料を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0021】また、本実施の形態では励振電極102および引き出し電極103を圧電基板101の両主面上に形成したが、図3および図4に示すように補助基板104の主面に形成してもよい。このような場合、補助基板や接着層の材料としては、圧電基板に効率的に電界が印加されるように、高誘電率の材料を選ぶことが好ましい。

【0022】なお、本実施の形態では圧電振動素子として発振子を例にとって説明したが、これに限ることなく、圧電基板の厚さに動作周波数が依存する圧電振動素子全般に適用することができる。

【0023】また、本実施の形態では、図示したように圧電基板と補助基板の外形寸法を合わせているが、特に外形寸法および厚みに制約はない。ただし、圧電基板に有効に応力を作用させるためには、補助基板は厚いほうが好ましく、ヤング率は高いほうが好ましい。

【0024】以上のような圧電振動素子とすることにより、環境温度変化に伴う圧電基板の厚み変化を抑制することが可能となり、結果として圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができた。また、圧電基板と補助基板とが、厚さ30μm以下の接着層により接着することにより、接着剤による圧電基板の弾性振動の吸収が少なくなり、良好な周波数特性、周波数温度特性を有する圧電振動素子を得ることができる。

【0025】（第2の実施の形態）図5および図6は、それぞれ本発明の第2の実施の形態における圧電振動素子の分解斜視図および断面図である。図5および図6において、101は圧電基板、102は励振電極、103は引き出し電極、104は補助基板、105は接着層、106は開口部である。

【0026】まず、本発明の第2の実施の形態における圧電振動素子の構造について説明する。第1の実施の形態と同様に、圧電基板101の両主面上には、一対の励振電極102a、102bが圧電基板101の主面の中央部に形成されている。そして、外部接続のための引き出し電極103と励振電極102とが、圧電基板101の主面上で接続されている。

【0027】本実施の形態においても、圧電基板101

として圧電単結晶を用いた。また、励振電極102としてクロム／金を用いた。また、補助基板104として中央部に開口部106を備え、1次の熱膨張係数が圧電基板101よりも実質的に大きい熱膨張係数を有するガラスを用い、接着層105によりサンドイッチ構造となるように接着している。なお、接着層には熱硬化性の絶縁性接着剤を用いた。

【0028】本実施の形態では、補助基板104a、104bに開口部106が設けられている。この開口部106は、弾性振動が大きくなる素子中央に設けられ、圧電基板の弾性振動が接着層105や補助基板104によって阻害されないように配慮されている。

【0029】なお、本実施の形態における圧電振動素子の動作原理は、第1の実施の形態と同様である。本実施の形態では、開口部を設けているため、接着層による振動阻害は回避されるが、補助基板からの熱応力を効率的に圧電基板に作用させるためには、やはり接着層のヤング率は大きいほうが好ましく、接着層厚さは薄いほうが好ましい。

【0030】本実施の形態では、圧電基板101として圧電単結晶を用いたが、負の周波数温度係数を有する誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0031】また、本実施の形態においても、接着層として光硬化性の接着剤や低融点ガラスなどを用いてもよく、補助基板として熱膨張係数が大きい誘電体セラミックや金属体を用いてもよい。

【0032】また、本実施の形態では圧電基板101上に励振電極102および引き出し電極103が形成されているが、図7に示すように、引き出し電極103を補助基板104の外側に形成してもよい。このような場合は、補助基板104の開口部106に隣接する側面には、電極の良好な電気伝導性を確保するためにテーパ加工を施すことが好ましい。

【0033】なお、本実施の形態でも圧電振動素子として発振子を例にとって説明したが、これに限ることなく、圧電基板の厚さに動作周波数が依存する圧電振動素子全般に適用することができる。

【0034】以上のような圧電振動素子とすることによっても、第1の実施の形態と同様、環境温度変化に伴う圧電基板の厚み変化を抑制することが可能となり、結果として圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができた。

【0035】また、少なくとも、補助基板の一部に開口部を形成することにより、圧電振動素子の特性を損なうことなく、周波数温度係数を改善することができた。

【0036】（第3の実施の形態）図8および図9は、本発明の第3の実施の形態における圧電振動素子の分解斜視図および断面図である。図8および図9において、101は圧電基板、102は励振電極、103は引き出し

電極、104は補助基板である。

【0037】まず、本発明の第3の実施の形態における圧電振動素子の構造について説明する。第1の実施の形態と同様、圧電基板101の両主面上には、一对の励振電極102a、102bが圧電基板101の主面の中央部に形成されている。そして、外部接続のための引き出し電極103a、103bと励振電極102a、102bとが、圧電基板101の主面上で接続されている。本実施の形態においても、圧電基板101としてニオブ酸リチウムを用いた。また、励振電極102a、102bとしてクロム／金の積層電極を用いた。また、補助基板104a、104bとして、1次の熱膨張係数が圧電基板101よりも実質的に大きい熱膨張係数を有するガラスを用い、圧電基板101と接着剤を介さずに直接接合されている。

【0038】以下、直接接合技術について説明する。直接接合とは、接合部材の表面を平坦化、清浄化した後、アンモニア系水溶液などを用いて基板表面を親水化処理し、接合部材を重ね合わせて熱処理をすることにより得られる強固な接合をいう。このようにして得られた接合体は、両接合部材が化学結合が関与する結合力により原子オーダーで接合しているため、接着層を介した接合に比べて応力の緩和機構がなく、熱応力を効果的に作用させることができる。

【0039】次に、本発明の第3の実施の形態における圧電振動素子の動作原理について説明する。まず、圧電振動素子の環境温度が上昇した場合について考える。温度上昇に伴い、圧電基板101および補助基板104は膨張しようとする。この際、圧電基板101と補助基板104との熱膨張係数差により熱応力が発生する。なお、この熱応力は接着層による応力緩和がないため、第1の実施の形態と比較して極めて大きくなる。すなわち、圧電基板101に対して、面内方向に引っ張り応力が作用し、圧電基板101の熱膨張が増大する。一方、厚み方向については拘束がないために、ポアソン結合により引っ張り応力に応じた圧縮応力が見かけ上作用することになる。したがって、圧電基板101の厚み方向の熱膨張は、面内方向、厚み方向ともに拘束のない圧電基板の熱膨張と比較すると、熱膨張が抑えられることになる。

【0040】次に、圧電振動素子の環境温度が降下した場合について考える。温度上昇の場合とは逆に、温度降下に伴い圧電基板101には補助基板104から面内方向に圧縮応力が作用することになる。したがって、厚み方向については見かけ上引っ張り応力が作用することになる。すなわち、温度降下の場合については、圧電基板の厚み方向の熱収縮が抑えられることになる。

【0041】一方、厚み振動を用いた圧電振動素子の共振周波数は圧電基板101の厚さにより決定されるため、熱膨張に伴う周波数温度係数については負となる。

本実施の形態では、温度上昇にともなう厚みの増大が抑えられるため、従来の圧電振動素子に比較して、共振周波数の低下率が小さくなり、周波数温度係数が改善されることになる。逆に、環境温度が降下した場合には、圧電基板101の厚み方向の収縮が抑えられるため、同様に周波数変化を小さくすることができる。本実施の形態では、第1の実施の形態よりもさらに約5～10ppm/℃大きい改善効果を得ることができた。

【0042】本実施の形態では、圧電基板101と補助基板104とを直接接合により接合しているため、接着層による応力の緩和がなく、熱応力が直接圧電基板に作用するため、その温度特性の補償効果が大きくなる。

【0043】また、圧電基板と補助基板とを直接接合する際には、電極の介在により空隙が生じ、接合力が低下する場合がある。したがって、特に直接接合を採用する場合には、図10に示すように、補助基板104には、圧電基板101の表面に突出している励振電極102bおよび引き出し電極103bを収納することができる凹部107を予め形成しておくことが好ましい。このような溝加工を施した後、凹部107と電極102b、103bとが対応するように圧電基板101と補助基板104とを接合することが好ましい。

【0044】本実施の形態では、圧電基板101としてニオブ酸リチウムを用いたが、タンタル酸リチウムや他の圧電単結晶を用いても同様の効果が得られる。また、圧電基板として誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いた場合でも、同様の効果が得られる。

【0045】また、本実施の形態では補助基板としてガラスを用いたが、熱膨張係数が大きい誘電体セラミックを用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0046】なお、本実施の形態では、圧電振動素子として発振子を例にとって説明したが、圧電基板の厚さに動作周波数が依存する素子全般に適用することができる。

【0047】以上のような圧電振動素子とすることによっても、環境温度変化に伴う圧電基板の厚み変化を抑制することが可能となり、結果として圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができる。

【0048】また、圧電基板と補助基板とを、接着層を介さずに実質的に直接接合することにより、接着層による熱応力の緩和を解消し、より優れた周波数温度特性を有する圧電振動素子を得ることができた。

【0049】さらに、補助基板の表面の一部に電極に対応する凹部を加工することにより、圧電基板と補助基板との直接接合を良好に行うことができ、信頼性の高い圧電振動素子を得ることができる。

【0050】（第4の実施の形態）図11および図12は、それぞれ本発明の第4の実施の形態における圧電振動素子の分解斜視図および断面図である。図11および

図 1 2 において、1 0 1 は圧電基板、1 0 2 は励振電極、1 0 3 は引き出し電極、1 0 4 は補助基板、1 0 5 は接着層、1 0 6 は開口部である。

【0 0 5 1】まず、本発明の第 4 の実施の形態における圧電振動素子の構造について説明する。第 1 の実施の形態と同様に、圧電基板 1 0 1 の両主面上には、一対の励振電極 1 0 2 a、1 0 2 b が圧電基板 1 0 1 の主面の中央部に形成されている。そして、外部接続のための引き出し電極 1 0 3 a、1 0 3 b と励振電極 1 0 2 a、1 0 2 b とが、それぞれ圧電基板 1 0 1 の主面上で接続されている。

【0 0 5 2】本実施の形態においても、圧電基板 1 0 1 として圧電単結晶を用いた。また、励振電極 1 0 2 としてクロム／金を用いた。また、補助基板 1 0 4 として、中央部に開口部 1 0 6 を備え、1 次の熱膨張係数が圧電基板 1 0 1 よりも実質的に大きい熱膨張係数を有するガラスを用い、直接接合技術により図示したようなサンドイッチ構造となるように積層した。

【0 0 5 3】本実施の形態では、圧電基板の振動部に対応する位置に、開口部 1 0 6 a、1 0 6 b を設けているため、本発明の第 3 の実施の形態のように、補助基板 1 0 4 による圧電基板の弾性振動の阻害はなく、圧電振動素子の特性を損なうことはない。なお、本実施の形態における動作原理は、本発明の第 3 の実施の形態と同様である。

【0 0 5 4】本実施の形態では、圧電基板 1 0 1 として圧電単結晶を用いたが、負の周波数温度係数を有する誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0 0 5 5】また、本実施の形態では補助基板としてガラスを用いたが、熱膨張係数が大きい誘電体セラミックを用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。さらには、金属体を用いても同様の効果を得ることが可能である。

【0 0 5 6】また、本実施の形態では圧電基板 1 0 1 上に、励振電極 1 0 2 および引き出し電極 1 0 3 が形成されているが、図 1 3 に示すように、引き出し電極を補助基板 1 0 4 の外側に形成してもよい。この場合、補助基板 1 0 4 の開口部 1 0 6 には、良好な電気伝導性を確保するためにテーパ加工を施すことが好ましい。また、この場合には補助基板全面にわたって圧電基板との直接接合がなされるため、信頼性の高い圧電振動素子を得ることができる。

【0 0 5 7】以上のような圧電振動素子とすることによっても、環境温度変化に伴う圧電基板の厚み変化を抑制することが可能となり、結果として圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができる。

【0 0 5 8】また、本発明の第 3 の実施の形態に示したように、補助基板に凹部を加工することによって、圧電基板と補助基板との接合を良好に行うことができる。ま

た、少なくとも、補助基板の一部に開口部を形成することにより、圧電振動素子の特性を損なうことなく、周波数温度係数を改善することができる。

【0 0 5 9】（第 5 の実施の形態）本発明の第 5 の実施の形態においても、図 1 1 および図 1 2 に示した構造となるように圧電振動素子を構成した。ただし、本実施の形態においては、圧電基板 1 0 1 として負の周波数温度依存性を有する誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いた。また、励振電極 1 0 2 として銀を主成分とする合金厚膜を用いた。また、補助基板 1 0 4 として、中央部に開口部 1 0 6 を備え、1 次の熱膨張係数が圧電基板 1 0 1 よりも実質的に大きい熱膨張係数を有する誘電体セラミックを用い、同時焼成により図示したようなサンドイッチ構造となるように積層した。

【0 0 6 0】本実施の形態では、圧電基板の振動部に対応する位置に開口部 1 0 6 を設けているため、補助基板 1 0 4 による圧電基板の弾性振動の阻害はなく、圧電振動素子の特性を損なうことはない。

【0 0 6 1】なお、本実施の形態における動作原理は、本発明の第 4 の実施の形態と同様である。本実施の形態では、開口部を設けているため、補助基板による振動阻害は生じないが、補助基板からの熱応力を効率的に圧電基板に作用させるためには、ヤング率が大きく、圧電基板に比して厚い補助基板を用いるのが好ましい。

【0 0 6 2】また、本実施の形態では、圧電基板と補助基板とを同時焼成により積層化しているが、本発明の第 1 の実施の形態のように接着層を介してもよい。

【0 0 6 3】また、本実施の形態では圧電基板と補助基板とを同時焼成するために、補助基板として誘電体セラミックを用いたが、熱膨張係数が大きいガラスや他の材料を用いても同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0 0 6 4】また、本実施の形態では圧電基板 1 0 1 上に、励振電極 1 0 2 および引き出し電極 1 0 3 が形成されているが、引き出し電極を補助基板 1 0 4 の外側に形成してもよい。この場合、補助基板 1 0 4 の開口部 1 0 6 には、良好な電気伝導性を確保するためにテーパ加工を施すことが好ましい。

【0 0 6 5】なお、本実施の形態では、圧電振動素子としてセラミック発振子を例にとって説明したが、セラミックフィルタや圧電振動子など圧電基板の厚さに動作周波数が依存する素子全般に適用することができる。

【0 0 6 6】以上のような圧電振動素子とすることによっても、圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができる。

【0 0 6 7】また、少なくとも、補助基板の一部に開口部を備えることにより、圧電振動素子の特性を損なうことなく、周波数温度係数を改善することができる。

【0 0 6 8】また、圧電基板が誘電体セラミックからなる場合には、補助基板として熱膨張係数の大きい誘電体

セラミックを選ぶことにより、同時焼成プロセスを適用することができ、量産性に優れた圧電振動素子を得ることができる。

【0069】（第6の実施の形態）本発明の第6の実施の形態においても、図11および図12に示した構造となるように圧電振動素子を構成した。ただし、本実施の形態においては、圧電基板101として正の周波数温度依存性を有する誘電体セラミック（圧電セラミック）を用いた。また、励振電極102として銀を主成分とする合金厚膜を用いた。また、補助基板104として、中央部に開口部106を備え、1次の熱膨張係数が前記圧電基板101よりも実質的に小さい熱膨張係数を有する誘電体セラミックを用い、同時焼成によりサンドイッチ構造となるように積層した。

【0070】本実施の形態では、圧電基板の振動部に対応する位置に開口部106を設けているため、補助基板104による圧電基板の弾性振動の障害はなく、圧電振動素子の特性を損なうことはない。

【0071】次に、本発明の第6の実施の形態における圧電振動素子の動作原理について説明する。まず、圧電振動素子の環境温度が上昇した場合について考える。温度上昇に伴い、圧電基板101および補助基板104は膨張しようとする。この際、圧電基板101と補助基板104との熱膨張係数差により、本発明の第1の実施例とは逆方向の熱応力が発生する。すなわち、圧電基板101に対して、主面の面内方向に圧縮応力が作用し、圧電基板101の熱膨張が抑制される。一方、厚み方向に関しては拘束がないために、ボアソン結合により上記圧縮応力に対応する引っ張り応力が見かけ上作用することになる。したがって、圧電基板101の厚み方向の熱膨張は、幅方向、厚み方向ともに拘束のない圧電基板の熱膨張と比較すると、熱膨張が増大することになる。

【0072】次に、圧電振動素子の環境温度が降下した場合について考える。温度上昇の場合とは逆に、温度降下に伴い圧電基板101には補助基板104から面内方向に引っ張り応力が作用することになる。したがって、厚み方向に関しては見かけ上圧縮応力が作用することになる。すなわち、温度降下の場合についても圧電基板の厚み方向の熱膨張が増大することになる。

【0073】一方、厚み振動を用いた圧電振動素子の共振周波数は圧電基板101の厚さにより決定される。本実施の形態のように、圧電基板が正の周波数温度係数を有する場合には、環境温度が上昇すると共振周波数は高くなる。しかしながら、熱応力により厚み方向の熱膨張が増大し、共振周波数を低下させるような作用が生じる。すなわち、本実施の形態では、補助基板からの熱応力により、温度上昇に伴う圧電基板の厚みの増大が加速されるため、従来の圧電振動素子に比較して、共振周波数の上昇率が小さくなり、周波数温度係数が改善されることになる。逆に、環境温度が降下した場合には、圧電

基板101の厚み方向の収縮がより大きくなるため、同様に周波数変化を小さくすることができる。本実施の形態では、補助基板を形成しない場合と比較して約10 ppm/℃の改善効果が得られた。

【0074】本実施の形態では、開口部を設けているため、補助基板による振動障害は生じないが、補助基板からの熱応力を効率的に圧電基板に作用させるためには、上記と同様、ヤング率が大きく、圧電基板に比して厚い補助基板を用いるのが好ましい。

【0075】また、本実施の形態では、圧電基板と補助基板とを同時焼成により積層化しているが、本発明の第1の実施の形態のように接着層を介してもよい。

【0076】また、本実施の形態では圧電基板と補助基板とを同時焼成するために、補助基板として誘電体セラミックを用いたが、熱膨張係数が圧電基板よりも実質的に小さいガラスや他の材料を用いても、同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0077】また、本実施の形態では正の周波数温度依存性を有する誘電体セラミックを用いたが、正の周波数温度依存性を有する圧電単結晶を用いた場合でも同様の効果が得られることは言うまでもない。

【0078】また、本実施の形態では圧電基板101上に、励振電極102および引き出し電極103が形成されているが、引き出し電極を補助基板104の外側に形成してもよい。この場合、補助基板104の開口部106には、良好な電気伝導性を確保するためにテーパ加工を施すことが好ましい。

【0079】なお、本実施の形態では、圧電振動素子として発振子を例にとって説明したが、セラミックフィルタなど圧電基板の厚さに動作周波数が依存する素子全般に適用することができる。

【0080】以上のような圧電振動素子とすることにより、環境温度変化に伴う圧電基板の厚み変化を増大させることが可能となり、結果として圧電振動素子の周波数温度係数を改善することができる。

【0081】また、接着層を介して圧電基板と補助基板とが積層されている場合には、接着層の厚さを薄くすることによって、圧電基板への熱応力を効果的に作用させることができる。この場合、接着層の厚さは30 μm以下であることが好ましい。

【0082】また、少なくとも、補助基板の一部に開口部を備えることにより、圧電振動素子の特性を損なうことなく、周波数温度係数を改善することができる。

【0083】また、圧電基板が誘電体セラミックからなる場合には、補助基板として熱膨張係数の大きい誘電体セラミックを選ぶことにより、同時焼成プロセスを適用することができ、量産性に優れた圧電振動素子を得ることができる。

【0084】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によ

13

れば、圧電基板と、前記圧電基板に基板厚さ方向の弾性振動を励起するために前記圧電基板の厚さ方向に電界を印加できる位置に配置された励振電極とを備え、前記圧電基板の熱膨張係数とは異なる熱膨張係数を有する補助基板を前記圧電基板の相対する一対の主面に接合した圧電振動素子とすることにより、圧電基板の特性を損なうことなく、圧電振動素子の周波数温度依存性を改善することができ、広い温度範囲で優れた特性を有する圧電振動素子を得ることができる。

【0085】また、本発明によれば、圧電単結晶のカット角の選択自由度、誘電体セラミックの組成設計の自由度を向上させるとともに、素子設計の自由度を大幅に向上させることが可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す分解斜視図である。

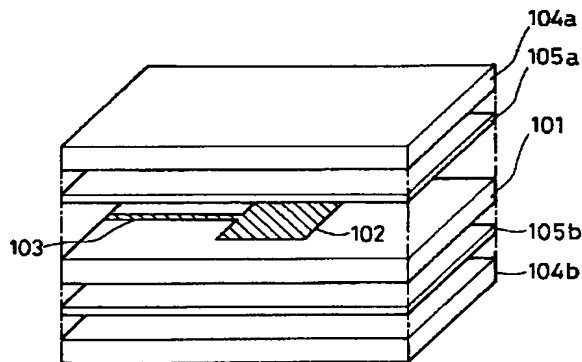
【図 2】 本発明の第 1 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す断面図である。

【図 3】 本発明の第 1 の実施の形態における圧電振動素子の別の構成を示す断面図である。

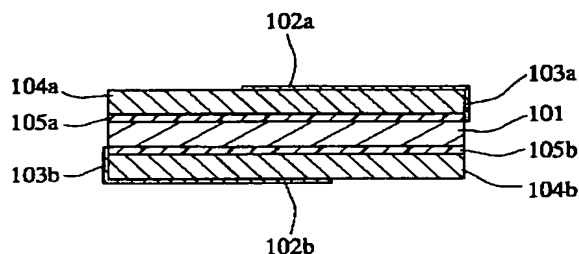
【図 4】 本発明の第 1 の実施の形態における圧電振動素子の別の構成を示す分解斜視図である。

【図 5】 本発明の第 2 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す分解斜視図である。

【図 1】



【図 3】



14

【図 6】 本発明の第 2 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す断面図である。

【図 7】 本発明の第 2 の実施の形態における圧電振動素子の別の構成を示す断面図である。

【図 8】 本発明の第 3 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す分解斜視図である。

【図 9】 本発明の第 3 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す断面図である。

【図 10】 本発明の第 3 の実施の形態における補助基板の構成の一例を示す斜視図である。

【図 11】 本発明の第 4 ないし第 6 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す分解斜視図である。

【図 12】 本発明の第 4 ないし第 6 の実施の形態における圧電振動素子の構成を示す断面図である。

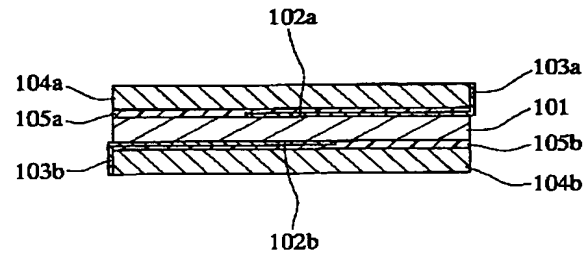
【図 13】 本発明の第 4 ないし第 6 の実施の形態における圧電振動素子の別の構成を示す断面図である。

【図 14】 従来の圧電振動素子の構成を示す斜視図である。

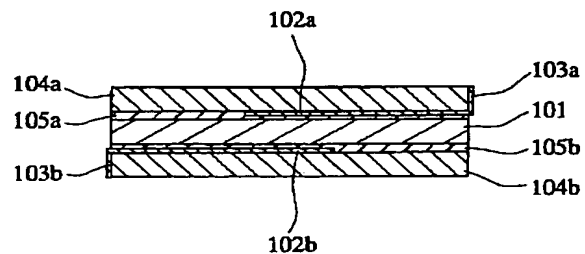
【符号の説明】

- 101 圧電基板
- 102 励振電極
- 103 引き出し電極
- 104 補助基板
- 105 接着層

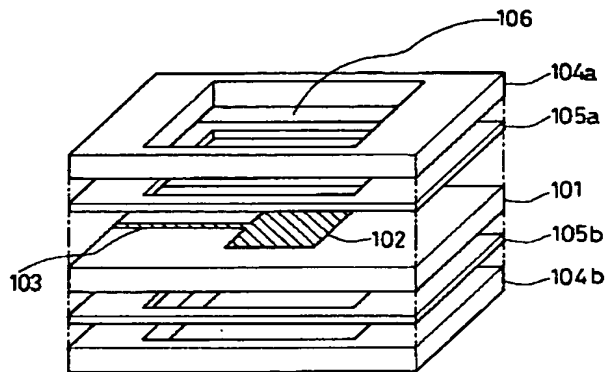
【図 2】



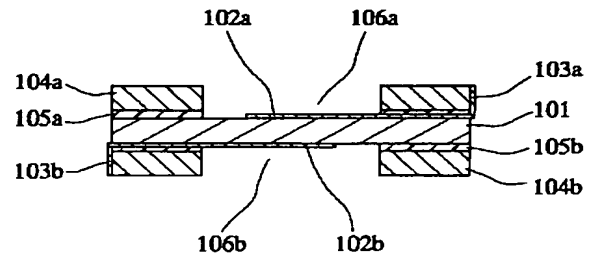
【図 4】



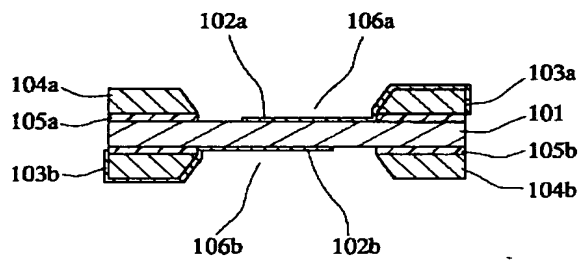
【図 5】



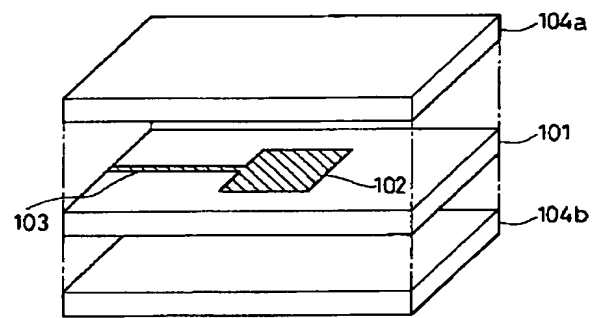
【図 6】



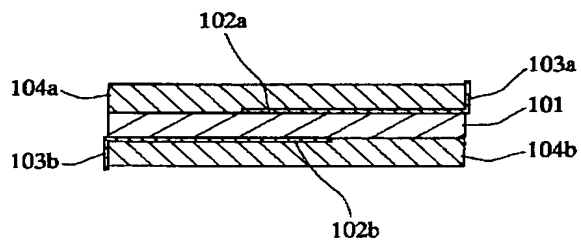
【図 7】



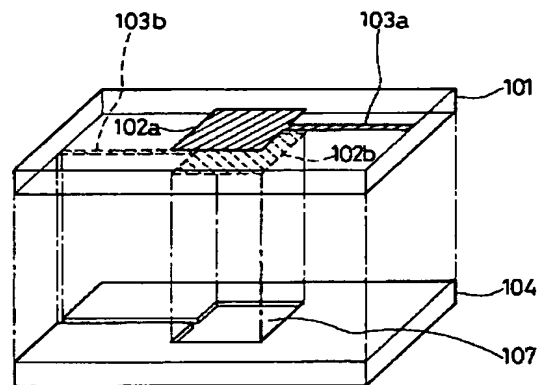
【図 8】



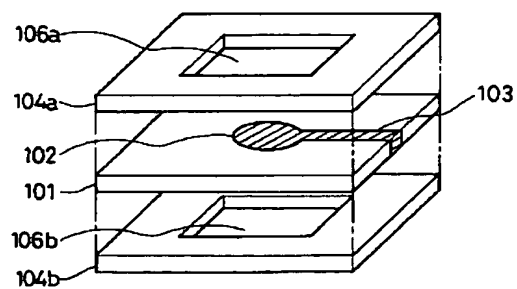
【図 9】



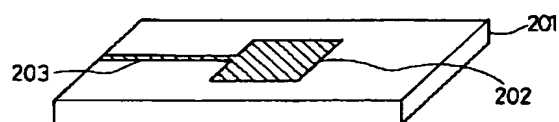
【図 10】



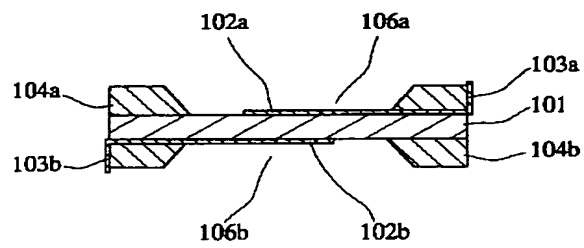
【図 11】



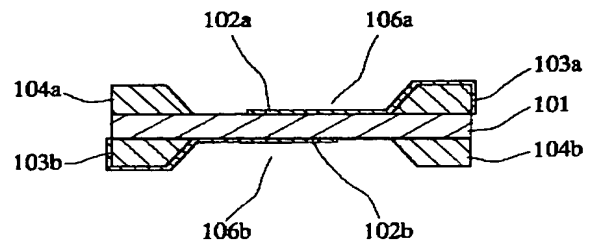
【図 14】



【図 1 2】



【図 1 3】



フロントページの続き

(72)発明者 小掠 哲義
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 田口 豊
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内